



国家级职业教育规划教材
人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
全国高等职业院校食品类专业教材

食品生物化学

杜克生 主编

QUANGUO GAODENG ZHIYE JISHU YUANXIAO
SHIPINLEI ZHUANYE JIAOCAI



NLIC2970862669

SHIPIN SHENGWU HUAXUE



中国劳动社会保障出版社

国家级职业教育规划教材
人力资源和社会保障部职业能力建设司推荐
全国高等职业院校食品类专业教材

食品生物化学

杜克生 主编
易艳梅 主审



NLIC2970862669

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

食品生物化学/杜克生主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2012

全国高等职业技术院校食品类专业教材

ISBN 978-7-5045-9916-2

I. ①食… II. ①杜… III. ①食品化学-生物化学-高等职业教育-教材
IV. ①TS201.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 246216 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.75 印张 355 千字

2012 年 12 月第 1 版 2012 年 12 月第 1 次印刷

定价: 32.00 元

读者服务部电话: (010) 64929211/64921644/84643933

发行部电话: (010) 64961894

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

如有印装差错, 请与本社联系调换: (010) 80497374

我社将与版权执法机关配合, 大力打击盗印、销售和使用盗版
图书活动, 敬请广大读者协助举报, 经查实将给予举报者重奖。

举报电话: (010) 64954652

目 录

绪论	(1)
第一章 水分、矿物质	(4)
第一节 水分	(4)
第二节 矿物质	(11)
实验或实训 用水分活度测定仪测定食品或其原料中的水分活度	(20)
实验或实训 豆腐的酸碱性测定与豆腐中钙质的检验	(21)
第二章 糖类	(24)
第一节 糖类概述	(24)
第二节 糖类的性质及其应用	(27)
第三节 重要的单糖	(35)
第四节 重要的低聚糖	(38)
第五节 重要的多糖	(41)
第六节 重要的衍生糖和结合糖	(50)
实验或实训 葡萄糖、蔗糖和淀粉的化学性质实验	(54)
第三章 脂类	(57)
第一节 脂类概述	(57)
第二节 食用油脂	(59)
第三节 类脂	(72)
实验或实训 动、植物油脂中不饱和脂肪酸的比较	(75)
第四章 核酸	(78)
第一节 核酸概述	(78)

第二节 核酸的结构与功能	(82)
第三节 核酸的主要性质	(85)
第四节 核酸在食品工业中的应用	(87)
实验或实训 DNA 的粗提取与鉴定	(88)
第五章 蛋白质	(91)
第一节 蛋白质概述	(91)
第二节 氨基酸	(95)
第三节 蛋白质的理化性质	(100)
第四节 食品原料中的蛋白质	(109)
实验或实训 蛋白质的性质实验	(114)
第六章 维生素	(118)
第一节 维生素概述	(118)
第二节 水溶性维生素	(120)
第三节 脂溶性维生素	(125)
第四节 类维生素	(127)
第五节 食品加工与储藏过程中维生素的损失	(130)
实验或实训 维生素 C 的性质实验	(133)
第七章 酶和激素	(136)
第一节 酶概述	(136)
第二节 酶的生物催化作用	(140)
第三节 酶的变化对物质代谢的影响	(145)
第四节 食品加工中重要的酶及其应用	(147)
第五节 激素	(155)
实验或实训 酶的底物专一性实验	(160)
实验或实训 温度对酶活力的影响实验	(162)
第八章 物质代谢	(164)
第一节 糖类的代谢	(164)
第二节 脂类的代谢	(173)
第三节 核酸的代谢	(180)

第四节 蛋白质的代谢	(183)
第五节 几类物质代谢之间的关系	(189)
实验与实训 脂肪转化为糖的定性实验	(190)
 第九章 食品原料的化学组成与组织变化	(193)
第一节 动物性食品原料的一般化学组成	(193)
第二节 动物屠宰后组织的僵直与“成熟”	(196)
第三节 植物性食品原料的一般化学组成	(198)
第四节 植物性食品原料成熟过程中及采收后的组织变化	(203)
第五节 食用菌	(207)
第六节 食品加工用水	(210)
实验或实训 动、植物组织中糖类、脂肪、蛋白质的鉴定	(217)
实验或实训 硬水的软化	(219)
 第十章 食品的风味	(222)
第一节 食品原料中的色素	(223)
第二节 着色剂、护色剂、漂白剂	(225)
第三节 食品的香气	(231)
第四节 香精与香料	(235)
第五节 食品的味感	(239)
第六节 调味剂	(242)
第七节 膨松剂、增稠剂、乳化剂	(248)
第八节 防腐剂、抗氧化剂	(252)
实验或实训 植物叶绿体中色素的提取、分离及理化性质	(255)
 参考文献	(259)

绪 论

一、食品的概念

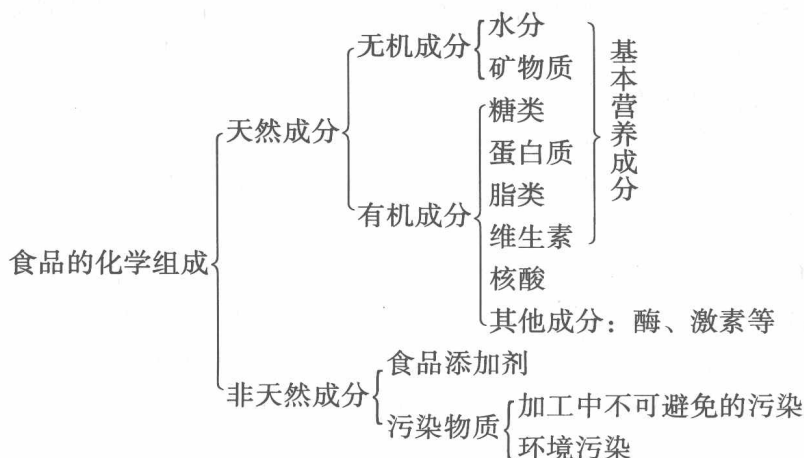
根据《中华人民共和国食品安全法》的定义，食品是指各种供人食用或者饮用的成品和原料以及按照传统既是食品又是药品的物品，但是不包括以治疗为目的的物品。根据这一判断标准，部分人的某些嗜好品如酒、茶叶、咖啡等属于食品，某些未经加工或只进行了粗加工的自然生物如生鲜大葱、大蒜也属于食品。可见，这里所说的“食品”，其范围是比较宽泛的。而习惯上，把这一范围内的食品称为食物，把食品原料经过加工以后生产的供人食用或饮用的成品（产品）叫做食品。

作为食品，应具备三个基本要素：第一，具有营养功能。人体营养所需要的基本物质包括水、矿物质、糖、脂类、蛋白质、维生素等，它们提供人体正常代谢所必需的物质和能量，营养学上通常把它们称为营养素。食品必须含有这些基本营养物质（中的一种或者多种），具备营养功能。第二，安全卫生。食品除了符合应当有的营养要求外，应该无毒、无害，对人体健康不造成任何急性、亚急性或者慢性危害。第三，具备符合一定要求的感官品质。食品的感官特性包括食品的色、香、味、形等，具有刺激食欲、促进消化的作用，通常称为食品的风味。食品的感官特征是判断食品质量的重要指标。

二、食品生物化学的研究内容

1. 食品的化学组成，各成分的结构、性质及作用

人类的食物除了极少数种类如水以外，主要来源于生物，其主要成分包括无机成分（水分、矿物质）和有机成分（糖、脂类、蛋白质、维生素、核酸、酶和激素等），但食品在生产、加工、储运等过程中不可避免地引入或人为加入一些非天然成分，如食品添加剂等，这些成分也随食物进入人体参与代谢和生理机能活动。因此，这些非天然成分也是食品化学组成的成分。从以上观点出发，食品的化学组成可表示如下：



人体的生长发育、细胞的增殖更新、各种机能活动及调节、维持体温、供给生命活动所消耗的能量等，都有赖于食物中含有的各种营养成分。可见，食物的营养成分问题是食品研究的基本课题。所以，学习食品的化学组成、各成分的性质及作用，对调整人类食品的合理结构具有重要的指导意义。因此，食品生物化学的主要任务之一就是研究食品及其原料的化学组成、各成分的结构、性质及作用（性能）。

2. 食品及其原料在加工、运输过程中发生的变化

食品从其原料的粗加工（屠宰或采摘等），到成品的生产、包装、储运和销售，每一过程无不涉及一系列化学变化。阐明食品及其原料在上述一系列过程中发生的变化及其对食品的感官质量、营养价值和卫生安全的影响，就能为人们促进有利变化、减少不利反应和防止污染提供理论依据。因此，研究食品及其原料在上述一系列过程中发生的变化也是食品生物化学的重要内容。

3. 营养成分的吸收、分解、合成等新陈代谢过程

要使食品最大限度地满足人体的营养需求，就要使食品适应人的生理特点，要更好地解决这一问题，就必须研究营养物质在生物体内怎样吸收、分解、合成，怎样相互转化又相互制约，以及物质转化过程中的能量转换问题。明确了这些问题，有助于在实际生产中选择最佳食品生产方案，在生活中选择最佳食物。

综上所述，作为食品科学的一个重要分支，食品生物化学以人和食品的关系为中心选择内容，以食品及其原料的化学组成为主线展开研究。其研究对象主要包括食品及其原料的化学组成，各成分的主要结构、性能；食品及其原料在采集、加工、储运、销售过程中发生的变化；营养成分在人体内的吸收、分解、合成等新陈代谢过程等内容。以上几个方面内容密切联系、相互衔接，构成了食品生物化学的学科体系与知识范畴。

三、学习食品生物化学的方法

1. 明确学科特点

食品生物化学是食品化学、生物化学、营养学的交叉学科，所以它与这些学科密切相关而又有所不同。例如，它既不同于研究食品及其原料的组成、特性及其在生产、加工、储运、销售过程中产生的变化的食品化学，也不同于以生物体系为对象，研究其化学组成和生命过程的化学变化规律的生物化学，还不同于以食品成分生理功能为主要研究内容的食品营养科学，在学习的过程中要注意分析其学科特点。

2. 注重基础知识的掌握

要根据本学科的学科特点和专业要求，找出重点的内容尤其是基础知识加以掌握。食品生物化学的基本概念必须明确其内涵和外延，只有明确了该学科有关的基本概念，才能打好深入学习的基础。

对物质化学等性质的学习要从化学本质、结构特点出发，联系其性质、功能学习。尤其要注意的是，由于生物化学反应是在生物体内进行的，反应环境比体外复杂，一般有酶的参与，反应步骤多，反应间互相联系、互相制约。有些在体外能进行的反应，在生物体内不一定能照样进行，所以学习时不能简单根据体外的化学反应去理解体内反应。

3. 善于归纳总结，并在理解的基础上加强记忆

虽然食品生物化学的知识点看起来比普通化学还要多而零散，而且许多食品成分的组成、结构、性质等内容还是需要记忆的，但通过上面的介绍大家可以看出，它们之间是有内在联系的，许多知识是可以归纳的。例如，维生素尽管有几十种，但是可以归纳为水溶性维生素和脂溶性维生素两大类。如果把所学的知识按照一定规律归纳以后，便可以化零为整、化繁为简，使其更加条理化，变得容易学习尤其是便于记忆，用起来也很“顺手”。

4. 注重理论联系实际

食品生物化学属于专业基础课，是为学习专业课服务的。因此，只有注重所学知识在专业中的应用，才能发现知识的价值，提高学习的积极性。而且这样做既能用基础理论指导专业学习，反过来还能加深对所学基础理论知识的理解，不仅能提高本课程的学习效率，而且也能提高专业课程的学习效率。

食品生物化学与其他自然科学一样，注重实验的分析与研究。实验不仅能激发学习兴趣，训练实验技能，也能帮助加深对所学理论知识的理解和应用，提高分析问题与解决问题的能力。因此，应重视实验课的学习和实验技能的培养。

食品生物化学与生产和生活息息相关，学习过程中要注意联系生产和生活实际，培养学习兴趣，提高学习效率。

第一章 水分、矿物质



学习目标

1. 掌握水在食品及其动植物与食用菌类原料中的存在状态与分类，明确自由水和结合水对食品品质的影响。
2. 掌握水分活度的简单计算，明确水分活度与含水量的关系、水分活度对食品及其动植物与食用菌类原料品质的影响，了解其测定方法。
3. 了解人体内水的代谢及其平衡与调节，食品成分与人体内水平衡的关系等问题。
4. 掌握食品及其原料中矿物质的分类、存在，明确影响食品及其原料中矿物质成分及含量的因素。
5. 掌握矿物质的主要性质及其对食品酸碱性和稳定性等品质的影响。

第一节 水 分

水是食品中的重要成分。食品及其原料中水的含量和存在状态对食物的结构、外观、质地、新鲜程度和腐败变质的敏感性有较大的影响。研究水的物理化学特性、水的存在状态，对食品的加工和保藏有重要意义。

一、食品及其原料中水分的存在状态

新鲜的动、植物组织和许多食品中的水分，在切开时一般都不会大量流失，这是因为它们中的水分有些是自由的，有些则通过一定的作用力被其他成分所结合。具体地讲，生物组织与食品中的水以游离态、凝胶态、水合态、表面吸附态等状态存在。其中，相对自由地存在于细胞质、细胞膜、细胞间隙、任何组织的循环液以及食品的组织结构中的水分状态，称为游离态。吸收于细微的纤维与薄膜中，不能自由流动的水分称为凝胶态。例如，动物皮肤、植物仙人掌中的水分大多处于凝胶态。水分子和含氧或含氮的原子团以一定的作用力相结合而不能自由移动，这种水分的存在状态称为水合态。例如，食品中与淀粉、蛋白质和其他的有机物结合的水分均处于此状态。固体表面暴露于含水蒸气的空气中，此时吸附于固体表面的水处于表面吸附态。固体微粒越细，其微粒的表面积越大，吸附水量也越多。

二、食品及其原料中水分的分类

1. 自由水

食品及其原料中通常含有动、植物体内天然形成的毛细管,因为毛细管是由亲水物质组成,而且毛细管的内径很小,使毛细管具有一定的束缚水的能力。通常把保留在毛细管中的水分称为毛细管水,它属于自由水。这部分水与一般水没什么区别,在食品中会因蒸发而散失,因吸潮而增加,容易发生增减变化。此外,自由水容易结冰,也能溶解溶质。

游离态的水、凝胶态的水及表面吸附态的水分都属于自由水。

由于自由水能为微生物所利用,所以自由水也称为可利用水。

2. 结合水

结合水其实就是指水合态的水分。

在食品及其原料中,由于无机盐在总量中所占比例极少,因此,所结合的水分的量微不足道,大部分的结合水是和蛋白质、糖类等相结合的。

与自由水比较,结合水有两个特点:第一,结合水的沸点高于自由水,而冰点却低于自由水,一般在 -40°C 以上不能结冰。第二,不能作为溶质的溶剂。结合水不易结冰这一特性有很重要的生物学意义。由于这种性质,使得植物的种子和微生物的孢子(几乎没有自由水)可以在很低的温度下保持其生命力,而多汁的组织(新鲜水果、蔬菜、肉等)由于含有大量的水,在冰冻后细胞结构被冰晶所破坏,解冻后组织不同程度地崩溃。

自由水和结合水在性质上的差别,导致它们对食品品质产生不同的影响,而且这些影响是多方面的。例如,在食品及其动植物和食用菌类原料的加工、储藏过程中,水分的变化主要是自由水含量的变化。自由水含量与食品及其原料的耐储藏性有密切关系。在储藏保鲜过程中,如果自由水蒸发损失过多,就会使食品及其动植物和食用菌类原料的外观萎蔫、干瘪,风味变劣。但是,如果自由水含量过高,也会影响它们储藏保鲜的稳定性,因为此时它们容易滋生霉菌,甚至腐烂变质,在高温季节这种现象更为严重。再如,结合水对食品的品质也有一定影响。当结合水与食品分离时,食品的某些品质会发生改变,如面包、糕点久置后变硬不仅仅是失水干燥,也因水分变化造成淀粉结构发生改变。干燥的食品吸潮后发生许多性质的变化,从而改变食品品质,如香肠的口味就与吸水、持水的情况关系密切。

实际上,自由水与结合水之间的界限很难定性地严格区分。例如,水合态下的结合水,有的束缚度高些,水分子就被结合得牢固些,有的束缚度低些,则松弛些,而自由水里除了能自由流动的水以外,其余部分都不同程度地被束缚着。

三、水分活度

1. 水分活度的含义、计算与测定

食品中水分的活度简称水分活度,数值上等于同一温度下食品中的水分产生的水蒸气压(即食品的水蒸气分压)与纯水的最大水蒸气压(也叫纯水的饱和水蒸气压)之比。

$$A_w = \frac{P}{P_0}$$

式中 A_w ——水分活度；

p ——食品的水蒸气分压；

p_0 ——同温度下纯水的最大水蒸气压。

在一定温度下，纯水的最大水蒸气压是一个常数，可查表获得。因此，要计算在一定温度下食品的水分活度，只要测定出食品中的水蒸气分压即可。

如果只用纯水测定水分活度，则 p 与 p_0 值相等，因此 A_w 值为 1。事实上，食品的水蒸气分压总是小于同温度下纯水的最大水蒸气压，因此，食品的水分活度 (A_w 值) 都小于 1。

食品的水分活度也可以用平衡相对湿度来表示：食品的水分活度在数值上等于食品的平衡相对湿度值除以 100。

所谓平衡相对湿度，是指物料既不吸湿也不散湿时的大气（空气）相对湿度，用 ERH 表示。

在科研和生产实践中，水分活度一般都是通过仪器测定的。

检验水分活度的仪器主要有电湿度计、附敏感器的湿动仪、水分活度测定仪等。利用水分活度测定仪测定食品的水分活度见本章“实验或实训”。



知识链接

水蒸气分压

一定温度和体积的混合气体所形成的总压力中，水蒸气部分所产生的压力就是水蒸气分压，它在数值上等于相同温度和体积条件下这部分水蒸气单独存在时产生的压力。

纯水的最大水蒸气压（纯水的饱和水蒸气压）

饱和是指气体中的水蒸气浓度或密度保持恒定时的状态，纯水在此时产生的蒸气压就是纯水的饱和水蒸气压。

绝对湿度、相对湿度、饱和湿度

空气的湿度就是指空气中潮湿气体的含量。具体地说，单位质量干燥空气中所含水蒸气的质量，或者一定条件下（压力、温度）单位体积 (1 m^3) 的空气中含有水蒸气的质量 (g)，称为空气的湿度，又称为空气的绝对湿度 (absolute humidity, AH)。

空气相对湿度是指空气的实际湿度（绝对湿度）与在同一温度下达到饱和状况时的空气的湿度的比值 (relative humidity, RH)。

混合气体中水蒸气的分压等于同温度下纯水的水蒸气压时，混合气体的湿度为饱和湿度 (saturated humidity, SH)。

2. 水分活度与含水量的关系

以水分活度为横坐标，以每克干物质中的水分含量 (g) 为纵坐标，描绘在某温度下的水分活度与含水量的关系，得到水分活度与含水量的关系图，如图 1—1 所示。

从图中看出，在高含水量区 A_w 接近 1.0；在低含水量区，含水量很小的变动即可导

致水分活度很大的变动。

必须强调指出，含水量相同的不同食品，由于各自的成分及组织结构不同，造成了水分与食品成分结合的程度不同，因而食品的 A_w 也不完全相同。

3. 水分活度对食品品质的影响

各种食品在一定条件下各有其一定的水分活度，各种微生物及各种生物化学反应也都有各自适应的 A_w 范围，这一范围通常叫做 A_w 的阈值。掌握了它们需要的 A_w 范围，对于控制食品加工条件和食品的稳定性的有重要的指导作用。

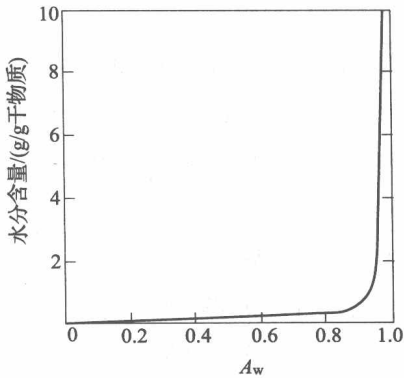


图 1—1 水分活度与含水量的关系图

(1) 水分活度对干燥和半干燥食品品质的影响

水分活度对干燥和半干燥食品的品质有较大的影响。当 A_w 从 0.2 增加到 0.65 时，大多数半干或干燥食品的硬度及黏性增加。控制 A_w 在 0.35 ~ 0.5 可保持干燥食品的理想品质。 A_w 为 0.4 ~ 0.5 时，肉干的硬度及耐嚼性最大； A_w 增加，肉干的硬度及耐嚼性都降低。为了避免绵白糖、奶粉以及速溶咖啡结块或变硬发黏，都需要使产品具有相当低的 A_w 。另外，饼干、爆玉米等市售的各种脆性食品，必须在较低 A_w 时才能保持酥脆。

(2) 水分活度对微生物生长繁殖的影响

食品中各种微生物的生长繁殖，主要是由其水分活度而不是由其总含水量所决定的。不同的微生物生长都有其适宜的水分活度范围，其中细菌对低水分活度最敏感，酵母菌次之，霉菌的敏感性最差。当 A_w 低于某种微生物生长所需的最低 A_w 时，这种微生物就不能生长。

食品的水分活度与微生物生长的关系见表 1—1。

表 1—1 食品的水分活度与微生物生长的关系

A_w 范围	在此 A_w 范围内所能抑制的微生物	在此 A_w 范围内的食品
0.95 ~ 1.00	假单胞菌、大肠杆菌、变形杆菌、芽孢杆菌、志贺氏菌属、克雷伯氏菌属、产气荚膜梭状芽孢杆菌、一些酵母等	罐头、新鲜果蔬、肉、鱼及牛乳、熟香肠、面包、含约 40%（质量分数）蔗糖或 7% 氯化钠的食品
0.91 ~ 0.95	沙门氏菌属、沙雷氏杆菌、乳酸杆菌属、肉毒梭状芽孢杆菌、足球菌、一些霉菌、酵母（红酵母、毕赤氏酵母）等	一些干酪、腌制肉、一些水果汁浓缩物、含有 55% 蔗糖或 12% 氯化钠的食品
0.87 ~ 0.91	许多酵母、小球菌	发酵香肠、人造奶油、干奶酪、含 65% 蔗糖（饱和）或 15% 氯化钠的食品
0.80 ~ 0.87	大多数霉菌（产生毒素的青霉菌）、金黄色葡萄球菌、大多数酵母菌属	大多数浓缩果汁、甜炼乳、巧克力糖浆、水果糖浆、面粉、米、家庭自制火腿、含有 15% ~ 17% 水分的副食品

续表

A_w 范围	在此 A_w 范围内所能抑制的微生物	在此 A_w 范围内的食品
0.75 ~ 0.80	大多数嗜盐细菌、产真菌毒素的曲霉	果酱、杏仁酥酹、糖渍水果
0.65 ~ 0.75	嗜干霉菌、二孢酵母	砂性软糖、棉花糖、果冻、糖蜜、一些干果
0.60 ~ 0.65	耐渗透压酵母	胶凝糖、蜂蜜、含 15% ~ 20% 水分的干果
0.50	微生物不增殖	含 12% 水分的酱、10% 水分的调味料
0.40	微生物不增殖	约含 5% 水分的全蛋粉
0.30	微生物不增殖	含 3% ~ 5% 水分的曲奇饼、面包硬皮
0.20	微生物不增殖	含 2% ~ 3% 水分的全脂奶粉、5% 水分的脱水蔬菜、脆饼干等

需要指出的是：同一种微生物在不同溶质的水溶液中生长所需的 A_w 是不同的，如金黄色葡萄球菌生长的最低 A_w 在乳粉中是 0.861，而在酒精中则是 0.973。

(3) 水分活度对食品中酶促反应（通过酶催化的反应）的影响

当 $A_w < 0.80$ 时，导致食品及其动植物和食用菌类原料腐败的大部分酶会失去活性，如酚氧化酶和过氧化物酶、维生素 C 氧化酶、淀粉酶等。然而，即使在 0.1 ~ 0.3 这样的低 A_w 下，脂肪氧化酶仍能保持一定活力。例如，30℃ 时储藏的大麦粉和卵磷脂的混合物，在低 A_w 下基本不发生酶促反应，在储藏 48 d 以后，当 A_w 上升到 0.7 时，该食品的脂酶解反应速率迅速提高。此外，酶促反应速率还与酶能否与食品相互接触有关。当酶与食品相互接触时，反应速率较快；当酶与食品相互隔离时，反应速率较慢。如 A_w 为 0.15，脂氧化酶就能分解油，而固态脂肪在此 A_w 时仅有极小的变化。氧化酶及水解酶均有此现象。

(4) 水分活度对食品中非酶促反应的影响

即使对高水分活度的食品采用热处理的方法可避免微生物腐败的危险，然而化学腐败仍然不可避免。这是因为在食品中还存在着氧化、非酶褐变（见“糖类”一章）等非酶促化学变化。

富含脂肪的食品很容易受空气中的氧、微生物的作用而发生氧化酸败。食品中的 A_w 对脂肪氧化酸败的影响明显地不同于对其他化学反应的影响，较为复杂。在 A_w 为 0.3 ~ 0.4 时氧化速率最慢；当 $A_w > 0.4$ 时，氧在水中的溶解度增加，并使含脂食品膨胀，暴露了更多的易氧化部位，从而加速了脂肪氧化速率。若再增加 A_w ，又稀释了反应体系，反应速率又开始降低。因此，为了防止氧化，维持适当的 A_w 是非常重要的。

食品中水分在一定范围内时，非酶褐变随着 A_w 的增加而加速， A_w 在 0.6 ~ 0.7 范围内时，食品及其动植物和食用菌类原料最容易发生非酶褐变。随着 A_w 降低褐变受到抑制。当 A_w 降到 0.2 以下时，褐变难以进行。如果 A_w 大于褐变的高峰值，则因溶质受到稀释而导致褐变速率减慢。一般情况下，浓缩食品的 A_w 正好位于非酶褐变最适宜的范围，褐变容易发生。

色素的稳定性也与 A_w 有关。在山楂、葡萄、草莓等水果中含有水溶性的花青素，花青素溶于水时很不稳定，仅一至两周时间其特有的色泽就会消失，但花青素在这些水果的干制品中则很稳定，经长期储存也仅有轻微的分解。一般花青素随着 A_w 的增大分解速率加快。叶绿素是脂溶性的色素，也表现为 A_w 越大，越不稳定。

需要指出的是，食品中化学反应的速率与 A_w 的关系是随着食品的组成、物理状态及其结构而改变的，也受大气组成（特别是氧的浓度）、温度等因素的影响。事实上，在相等的 A_w 时，微生物的生长也随温度的不同而不同。如一种食品在 -15°C 、 $A_w = 0.86$ 时微生物不能生长而化学反应能缓慢进行，在 20°C ， $A_w = 0.86$ 时一些化学反应能快速进行，而一些微生物以中等速率生长。

总结以上内容可以看出，含水量相同的食品会因种类的不同而导致 A_w 不同，进而导致它们的稳定性各异。因此，水分活度 A_w 值的大小比含水量的高低对评价食品的稳定性更有实际意义。掌握了这些知识，就能为食品加工尤其是食品储运提供更加科学的理论依据。

四、水在人体内的代谢

1. 人体对水的吸收

人体内水的吸收主要发生于小肠部位，大肠每日仅吸收 300 ~ 400 mL 的水分。一般吸收主要是依靠渗透压差进行的。当肠道内存在有难于吸收的溶质时，可能会影响水的吸收速度。在氨基酸被吸收时，水也能以与它相结合的形式被吸收，但这时氨基酸的吸收是主动性的，水的吸收则完全是被动性的。

2. 水在人体内的运行和交换过程

(1) 水在细胞内外的交换

由于水分子很小，所以它可以自由地通过细胞膜而不受限制。水在细胞内外的交换方向由细胞内外的渗透压决定。当细胞内外液的渗透压一致时，水的交换将处于一种平衡状态。水的这种交换作用可以改变细胞内外液的体系中组分的浓度值，特别是对无机盐类，从而影响到有关代谢反应的进行。

(2) 水在细胞间液与血浆之间的交换

在机体内，虽然细胞间液与血浆之间相隔着一层毛细管壁，但是水与小分子化合物的通过都不受影响。一般地，水在毛细血管动脉端渗出血管，在毛细血管静脉端返回血管。水的渗出和回收主要由血压和血浆胶体渗透压决定。当静脉压升高或血浆胶体渗透压降低（患有肝功能下降、心力衰竭等疾病）时，将发生细胞间液回流障碍，从而导致细胞间液增多，机体出现水肿。

(3) 人体内水的代谢平衡

人体内的液体，是一种溶解有多种无机盐和有机物的水溶液，被称为“体液”。在正常情况下，人体内的体液处于相对稳定状态，即平衡状态。也就是说，在正常情况下，通过各种来源摄入的水与各条通道排出的水的量基本相等。

体内水分由三种来源供给：第一，液态食物（饮用水、饮料、汤汁等）。每天饮水的多少与气候、劳动、各种生理状况以及个人的生活习惯有很大关系，一般约 1 200 mL。第

二，固态食物。各种固态食物含水量不同，一般每天从固态食物中摄取的水最多约为 1 000 mL。第三，有机物在体内氧化产生的水，也称为代谢水或内生水。通常食物中每 100 g 营养物质在体内氧化时的产水量糖类为 60 mL、脂类为 107 mL、蛋白质为 41 mL。糖类、脂类和蛋白质等营养物质在体内氧化时产生代谢水的量每天约为 300 mL。

体内水分的排出有四种途径：第一，皮肤蒸发。皮肤蒸发水分的方式，一种是非显性出汗，即水分的蒸发，成人每天由皮肤蒸发的水约为 500 mL；一种是显性出汗，为汗腺所分泌，出汗的多少与环境温度以及劳动强度有关。显性出汗时除了失水以外还有 Na^+ 和 K^+ 的丢失。第二，肺呼出水蒸气。人在呼吸时，以水蒸气的形式丢失一部分水，成人每天由呼吸蒸发的水约为 350 mL。第三，大肠形成粪便排出。健康人每天以粪便形式排出的水分约为 150 mL。第四，肾产生尿排出。成人每天尿量为 1 000 ~ 2 000 mL。具体地说，尿量受饮水量以及以上三个排水途径排水量的影响。

成年人体内每日水平衡见表 1—2。

表 1—2 成年人体内每日水平衡

来源	mL	排泄	mL
液态食物	1 200	尿	1 500
固态食物	1 000	呼气	350
物质代谢	300	汗	500
		粪便	150
合计	2 500	合计	2 500

当人饮水不足、体内失水过多或吃的食物过咸时，都会引起细胞外液渗透压升高，使下丘脑中的渗透压感受器受到刺激。这时，下丘脑中的渗透压感受器一方面产生兴奋并传至大脑皮层，通过产生“渴”的感觉来直接调节水的摄入量，一方面使由下丘脑神经细胞分泌并由垂体后叶释放的抗利尿激素增加，从而促进了肾小管和集合管对水分的重吸收，减少了尿的排出，保留了体内的水分，使细胞外液的渗透压趋向于恢复正常。相反，当人饮水过多或者盐分丢失过多而使细胞外液的渗透压下降时，就会减少对下丘脑中的渗透压感受器的刺激，也就减少了抗利尿激素的分泌和释放，肾脏排出的水分就会增加，从而使细胞外液的渗透压恢复正常。

3. 食品成分与体内水平衡的关系

机体内的水平衡与食品成分有密切关系。

通常认为，每同化 1 g 糖类时，可在体内蓄积 3 g 水。因此，摄取富含膳食糖类的幼儿，体重虽显著增加，但因蓄积大量水分，因而体质松软。脂肪不但不会促进水的蓄积，还会迅速引起水的负平衡。膳食中蛋白质过多，也会增加排尿。因为蛋白质的代谢产物尿素会增加体液的渗透压，身体为了排出这些物质，必然多排尿。

有的离子能促进水在组织内的蓄积，有的则可促进排尿。例如，钠可促进水在体内的蓄积，因此，水肿病人不宜多进食盐；钾和钙能促进水分由体内排出，多吃水果、马铃薯、甘薯等富含钾、钙的食物可以利尿。

第二节 矿物质

矿物质即无机物，是食品中除去碳、氢、氧、氮四种元素以外的其他元素的统称。在人和动物体内，矿物质总量虽只有体重的4%~5%，但却是不可缺少的成分，在新陈代谢中起着重要作用。



知识链接

灰 分

如果将食品高温灼烧，它们会发生一系列变化，有机成分和水分挥发逸去，剩下的部分通常称之为灰分。灰分的主要成分是矿物质的化合物，特别是其氧化物。有人也把矿物质称为灰分，事实上二者是不同的。

一、矿物质的分类

根据不同的分类标准，矿物质可以分为不同的类别。

1. 根据矿物质在人体内的含量和人体对膳食中矿物质的需要量进行分类

根据上述标准，将矿物质分为常量元素和微量元素。人体内含量在0.01%（质量分数）以上，人体日需要量在100 mg以上的元素，称为常量元素（有的书中也称为大量元素），如钙、磷、镁、钾、钠、氯等。人体内含量和日需要量皆低于上述标准的元素则称为微量元素（有的书中也称为痕量元素），如铁、碘、锌、铜等。

2. 根据矿物质与人体营养需要的关系分类

根据上述标准，食物中含有的矿物质元素可分为必需元素、非必需元素和作用尚未确定的元素、有毒元素几类。

必需元素是指正常存在于机体的健康组织中，对机体自身的健康起着重要作用，缺乏它可使机体的组织或功能出现异常的矿物质元素。按照必需元素在人体内的存在量和每日需要量，将其分为必需常量元素和必需微量元素。必需常量元素主要包括钙、磷、钠、钾、氯、镁几种。必需微量元素按其生物学作用又分为三类：人体一定必需的微量元素，共8种，包括碘、锌、铁、硒、铜、钼、铬、钴；人体可能必需的微量元素，共5种，包括锰、硅、硼、钒和镍；具有潜在的毒性，但在极低剂量时可能具有人体必需功能的微量元素，如氟、镉、铝和锡。

非必需元素和作用尚未确定的元素是指对人体代谢无影响，或目前尚未发现影响的元素，如溴（Br）、铷（Rb）、钡（Ba）等。

有毒元素是指在正常情况下，吸收以后妨碍及破坏人体正常代谢功能的矿物质元素，在食品中有毒元素以铅（Pb）最为常见。

应当说明的是，机体对各种矿物质都有一个耐受剂量。某些元素，尤其是微量元素，即便是必需的，当摄入过量时也会对机体产生危害，而某些有毒元素，在其远小于